الفصل الثانى

- تلــوث المـــــاء
- المطــر الحامضى
- المـــــاء العــذب

obeikandl.com

تلـــوث المـــــاء

كـان البشر قديما يكنون تقديراً كبيراً وإحتراماً خاصاً للماء وعبروا عن ذلـك بوجود آلهة للمطر والنهر والآبار والينابيع المقدسة ويذكر هيرودتس أن تلويث الأنهار كان ممنوعا ولم يكن مسموحا للأشخاص حتى بغسل أيديهم فى مـياه الـنهر حفاظاً على قدسيته وفى بلاد الإغريق القدماء فرضت عقوبات صارمة على من يلوث المياه أو حتى من لا يعاملها بإحترام ، ولكن المؤسف أن الماء فقد فى هذا العصر إحترامه كمورد طبيعي ثمين لا غناء عنه وخاصة بين الأمم الصناعية .

يقسـم هوبكنز وشولز Hopking & Schulz, (1954) الماء إلى ثلاثة أقسام مأمون وملوث وممرض .

١- الماء المأمون Wholesome

هو الماء النقى فى جميع الأوقات ويجب أن يكون خالياً من المواد العالقة لا لون ولا طعم ولا رائحة له خالياً من جميع الميكروبات الممرضة لا يحتوى مواد ذائبة عضوية قد تجعله ضاراً بالصحة .

٢- الماء الملوث Polluted

هـو الماء الذي تنخفض درجة جودته نتيجة لإختلاطه بمخلفات الصرف الصـحي أو غـيرها مـن المخلفات فتجعله غير صالح للشرب أو الأغراض الصناعية.

٣- الماء الممرض Contaminated

هو الماء الذي يعتبر مصدراً للأضرار الصحية نتيجة لإختلاطه بمخلفات الإنسان أو الحيوان أو المركبات الكيميائية .

وقد يكون الماء العكر مأموناً ـ من ناحية ـ ولكنه غير نقى تعافه العين وعندما يحتوى الماء على الألجى Algi أو الدياتومات Diatomes أو القشريات الدقيقة أو غيرها من الكائنات الحية فإنه يصبح غير مقبول المذاق وذا رائحة كريهة.

☒ مصادر تلوث الماء

تتعدد مصادر تلوث الماء فقد تكون غازية أو سائلة أو صلبة كما قد تكون كائنات حية أو أجسام عضوية أو غير عضوية .

- مواد صلبة تظل معلقة بالماء فتسبب عكارة
- مواد تستهلك الأوكسجين .
- مغذيات تساعد على تكاثر الكائنات الحية وأهم هذه المغذيات هي النترات والفوسفات ومصدرها هو ماء الصرف الذي يستخدم فى الأغراض المنزلية والإفراط فى المخصبات الزراعية وقد تبين أن المنظفات الصناعية – شائعة الاستخدام – فى المنازل عندما بدأ إستخدامها كانت تحتوى مقادير كبيرة من الفوسفور وقد عمد منتجو هذه المواد إلى خفض محتواها منه .
- البكتريا والفيروسات والمواد الكيميائية الممرضة مثل الزئبق والرصاص والنحاس والزنك والكروم (العناصر الثقيلة) وقد تسبب هذه الكيماويات آثاراً خطيرة على صحة كثير من الكائنات التى تقطن مجارى المياه والبحيرات ومن الكيماويات أيضاً ما يزيد حموضة الماء أو قلويته وقد أشرنا فى موقع آخر من هذه الصفحات إلى أن الأسماك تفضل درجة متوسطة من الحموضة الخفيفة أو القلوية الخفيفة (رقم أل pH من ٥,٥-٨,٥) وأن زيادة الحموضة أو القلوية قاتلة للأسماك وصرف مصانع

منـتجات الورق ولبه يزيد حموضة الماء بينما مخلفات الهيدروكربونات الـتى تتسـرب مـن المصـانع ومعامل تكرير البترول ومحطات خدمة السيارات والزيوت المنسكبة من ناقلات النفط وفى موانى شحنه وأنابيب نقله والتي تصل إلى مياه الأنهار العذبة أو المياه الشاطئية .

- مـياه تسـتخدم فـى عمليات التبريد فى محطات توليد الطاقة الكهربائية بكميات كبيرة يلقى بها فى المجارى المائية والمياه الشاطئية بعد أن ترتفع درجـة حرارتها مما يؤدى إلى رفع حرارة مياه هذه القنوات أو البحيرات لدرجة تؤدى إلى موت الأسماك بها .
- مركـبات تكشـفت خطورتهـا وأصـبحت عـنواناً عما يمكن أن تحدثه الكـيماويات مـن أضـرار كمركب Poly Chlorinated Biphenyl "PCB" (وهو ما أشرنا إليه مسبق) وقد انتجته شركة مونسانتو الأمريكية مـنذ نحـو ٣٠-٤٠ سنة ليدخل فى صناعة المحولات الكهربية والبويات والأحـبار والـورق والبلاستيك وغيرها ويتسرب هذا المركب إلى البيئة عندما تبلى الأدوات أو المواد التى دخل فى صناعتها ويقذف بها فى أكوام المهمـلات ولمـا كـان إنحلاله بطيئاً فإنه يتسرب مع الأمطار إلى باطن الأرض أو إلى المجارى المائية أو يتبخر عند حرق المهملات ولهذا ينتقل بالـرياح أو المـياه إلـى أماكن قد تبعد كثيراً عن موقع أكوام المهملات (أتضـح وجود هذا المركب فى أجسام الحيوانات البحرية وطائر البنجوين بالمنطقة المتجمدة) .
- الأسمدة والعناصر المغذية الدقيقة ومنظمات النمو Growth regulators التى تضاف إلى الأرض أو ترش على النباتات بقصد زيادة الإنتاج ولكن قـد يرشح بعض هذه الكيماويات إلى باطن الأرض فتختلط بالماء الجوفي ثم ماء الأنهار أو الآبار فتقل صلاحية هذه المياه للإستخدام الآدمي .

- مبيدات الآفات – فطرية أو حشرية أو حشائش – تقتل مجاميع معينة من الكائنات وبالرغم من أن بعضها ذات تأثير نوعى أو تخصصي Specific بدرجات متفاوتة إلا أن تأثيرها الضار قد يمتد إلى الكائنات الدقيقة الأرضية والأحياء اللافقرية بالتربة مما ينعكس آخر الأمر بضعف القدرة الإنتاجية للتربة كما قد تتعرض أيضاً قنوات الماء للتلوث إذا حدث إنجراف لتربة هذه الحقول بواسطة الماء .

ولتقدير مدى تلوث الماء يقدر الآتي :

١- الأوكسيجين الذائب "D.O." Dissolved Oxygen .

٢- المواد العضوية .

أ) الإحتياجات الحيوية من الأوكسيجين Biochemical Oxygen Demand "BOD" .

ب) الإحتياجات الكيمائية من الأوكسيجين Chemical Oxygen Demand "COD".

٣- الأمونيا – النتريت – النترات .

٤- الكائنات الدالة على التلوث بمخلفات الإنسان أو الحيوان .
Organisms indicative of Fecal Pollution

٥- البلانكتون Planktonic Organisms .

٦- النفط والزيوت .

٧- إختبار التسمم الناتج عن المواد السامة من مخلفات الصناعة.

وتتلوث المياه الجوفية بما يتسرب إليها من أقذار وفضلات ومواد كيميائية مما تخرجه المصانع وتتعرض بعض هذه المواد للإنحلال فى باطن الأرض نتيجة للنشاط الكيميائي والبيولوجي وأوضحت بعض الدراسات أن الماء الجوفي بجوار منطقة تلقى بها القمامة أن العينات التى أخذت بالقرب من هذا

الموقع قـد تخلصت من الملوثات العضوية نتيجة للتحلل بالعديد من الكائنات الدقـيقة غـير الهوائية ويلى ذلك فى عمق الأرض منطقة إنتقالية بتحول فيها أوكسـيد الحديدوز إلى أوكسيد حديديك ثم على مسافة أعمق يكون الأوكسجين الموجـود كافياً لأكسدة المواد غير العضوية أما إذا تعرضت التربة للمخلفات الصناعية فالمواد الكيميائية قد لا تتأثر بالعمليات الميكروبيولوجية ولا تترسب فـى مسـام الصـخور الحاملة للمياه الجوفية ولا تمتصها مكونات التربة وقد تتعرض المـياه الجـوفية للتلوث بالبترول نتيجة لإنفجار الأنابيب الحاملة له فيتسرب البترول إلى باطن الأرض وتتلوث المياه الجوفية .

☒ أمراض تنقلها أو تسببها المياه

فى تقرير لهيئة الصحة العالمية أن نحو ١٠% من الأمراض التى تصيب سـكان العالم تعود إلى نقص الماء الكافى أو إلى عدم كفاية المرافق الصحية ويشـمل ذلك ما يترتب على شرب الماء الملوث أو المياه التى تؤوى ناقلات الأمراض والأمراض التى تنجم عن عدم الإغتسال .

- أمراض تحملها المياه وتنتقل عن طريق شرب ماء ملوث أو إستخدام الماء الملـوث فـى غسـل الطعـام أو الأواني أو اليدين أو الوجه مثل التيفود والكولـيرا والدوسـنتاريا والإسهال ثم إلتهاب الكبد المعدي عندما يزداد التلوث .
- أمـراض تنتج عن نقص الإغتسال مثل التراكوما والجرب والغدة النكفية والبرص وإلتهاب الملتحمة وتعفن الجلد .
- أمـراض قاعدتهـا المـاء أي أن حاملاتهـا كائنات مائية لا فقارية مثل البلهارسيا والدودة الشريطية .
- أمـراض تنقلها حشرات ذات صلة بالماء مثل الملاريا والفيلاريا (مرض الفـيل) والحمـى الصفراء التى ينقلها البعوض والعمى النهري الذي تنقله الذبابة الخاصة ومرض النوم الذي تنقله ذبابة التسى تسى .

obeikandl.com

- أمـــراض تنقلها حشرات ذات صلة بالماء مثل الملاريا والفيلاريا (مرض الفـــيل) والحمـــى الصفراء التى ينقلها البعوض والعمى النهري الذي تنقله الذبابة الخاصة ومرض النوم الذي تنقله ذبابة التسى تسى .
- أمراض يسببها نقص المرافق الصحية مثل الإنكلستوما .

ويتسـبب الإســهال فـــى موت ستة ملايين طفل سنويا فى البلاد النامية ويسهم فى وفاة نحو ١٨ مليون من البشر .

☒ آثار التسميد على الماء

مـــن الواضـــح أن التســـميد يقصد منه زيادة العناصر المغذية بالأرض والنـــبات حـــتى يتحســـن الإنتاج ولا يقصد من زيادة هذه العناصر فى الماء المنصـــرف مـــن على سطح الأرض إلى باطنها (الماء الجوفي مختلطاً بماء الصرف) ولو أن التحكم فى ذلك أمر صعب فى المناطق الرطبة حيث يحدث تدفـــق المـــاء بصـــفة دائمة على سطح الأرض أو رشحه إلى جوف الأرض مختلطاً بماء الصرف .

وتفقد جميع الأراضي سواء كانت مسمدة أو غير مسمدة بعض العناصر المغذيـــة ولو بمقادير صغيرة فى الماء الراشح منها ويتزايد الفقد من العناصر المغذية بالتسميد ولذا يبدو أن هذا الفقد أمر لا يمكن تجنبه ولـــو أن ذلك قد لا يكـــون أمـــراً عاماً فى جميع الأحوال فغسيل العناصر المغذية لا يتوقف على كميات السماد المضافة للأرض فقط بل إلى حد كبير على عوامل أخرى تحدد حـــركة هـــذه العناصـــر فى الأرض فالتسميد فى أحد الحقول قد يفـــقـــد منه كمـــيات من العناصر المغذية أقل كثيراً من أرض غير مسمدة فى الغابة كما توجـــد أيضـــاً فروق بين العناصر نفسها ويتوقع التأثير السلبى للأسمدة على المـــاء فى الأحوال الآتية :

- النترات فى الماء الجوفي يؤثر على صلاحية الماء للشرب .
- الفوسفات فى الماء السطحى فى بعض المناطق قد يؤدى إلى تخصيب الماء خصوصاً مع النترات* .

ويجب ألا يزيد محتوى ماء الشرب من النترات عن ٣٠ جزء/مليون نيتروجين وقد تتجاوز هذا الحد فى حالة زيادة التسميد قرب البئر ويفسر ذلك القيود التى توضع على التسميد فى منطقة آبار المياه الجوفية .

وقد سبق توضيح مشكلة النترات فى ماء الشرب ويمكن أن نضيف أن الغسيل الإضافي للنترات الناتج عن التسميد يتراوح فى حدود واسعة بين ٥ ، ٥٠كجم/هكتار وقد تكون هذه القيم أكبر من ذلك فى بعض الحالات ففي هولندا تقدر الكميات المنقولة بنحو ٥٠ كجم/هكتار فى الحقول المزروعة و ١٣ كجم/هكتار فى أراضى المراعى بمتوسط ٣٠ كجم/هكتار والكميات المنقولة فى الماء أقل من ذلك أو مشابهة فى بعض المناطق ويجب أن يكون واضحاً أن طرد النيتروجين لا يرتبط مباشرة بمقدار السماد المضاف فالكميات الكثيرة التى تطرد ترجع إلى طريقة الإضافة الخاطئة ويمكن خفض هذا الفقد ونقترح فيما يلي الإحتياطات الواجب مراعاتها :

- خفض مقدار النترات فى فصل الخريف فالفقد يحدث فى الشتاء لكثرة سقوط الأمطار .
- يضاف النيتروجين بعد ملاحظة نقصه على النباتات لتجنب الإضافات الزائدة .
- إضافة الأسمدة الأقل ذوباناً أو على الأقل قليلة الحركة فى الأرض .
- تجنب فقد السماد بالماء المتدفق .
- زيادة سعة تخزين النيتروجين بتحسين نمو أحياء التربة .
- تحسين قدرة الأرض على الإحتفاظ بالماء .

---

* يقصد بالتخصيب زيادة نمو الحشائش بالمجارى المائية .

obeikandl.com

تخصيب الماء Eutrofication

تجمع العناصر المغذية فى المياه السطحية يرجع لزيادة الفوسفات لأنها هي العامل المحدد النمو فزيادة الفوسفور يحسن نمو اللجي وعندما تتحلل أجسامها تستهلك الأوكسجين مما قد ينجم عنه موت الأسماك .

وقد إتضح أن مصدر أغلب الفوسفور هو الفضلات أما مساهمة السماد الفسفوري فى هذا التخصيب فهو مبالغ فيه كثيراً فنصيب التسميد فيه لا يزيد عن ٥% ولو أن التسميد بسماد فسفوري سائل قد يساهم بنسبة أكبر من ذلك .

ويصل الفوسفور إلى المسطحات المائية بالتدفق السطحى وبالغسيل ، وبالنسبة للغسيل فهو قليل فأسمدة الفوسفور حتى القابلة للذوبان تترسب فى الأرض فلا تتحرك إلا بالتدفق كما يحدث بالإنجراف المائي الذى يمكن أن يساهم مساهمة واضحة فى وصول الفوسفور للمسطحات المائية .

المطـــر الحامضى

قد يختلط المطر وهو فى طريقه إلى سطح الأرض بالغازات الناجمة عن إحتراق أنواع الوقود الأحفورى (البترول والفحم ومشتقاتها) التى تنبعث من محطات توليد القوة الكهربائية ومن المصانع والسيارات فيكتسب صفة الحموضة الناتجة عن تكون أحماض الكبريتيك والنتريك وغيرها .

أول من صاغ هذا التعبير هو روبرت إنجوس Robert Angos البريطاني ووصف المطر الحامضى فى مانشستر منذ أكبر من نصف قرن وقد أصبح المطر الحامضى فى الوقت الحاضر مشكلة دولية فقد بذلت جهود مكثفة ومكلفة لتنقية هواء مدن مثل مانشستر بوسائل مثل المداخن الأكثر

إرتفاعـــا مما أدى إلى تحسين درجة نقاوة الهواء وإنخفاض حموضة الأمطار محلياً غير أن ذلك قد أدى أيضاً إلى زيادة إحتمال إنتقال هذه الغازات بالرياح إلى مسافات بعيدة – آلاف الكيلومترات – مسببة تساقط المطر الحامضى فى أقطار بعيدة عن مصادرها ويسبب المطر الحامضى قتل الأسماك وغيرها من الأحـــياء المائـــية وتآكل المباني وخصوصا المعالم الأثرية القديمة وقد يلحق الضـــرر بالغابـــات والأراضي المزروعة وقد يهدد أيضاً صحة البشر. وقد أثيرت مشكلة المطر الحامضى كقضية دولية لأول مرة فى مؤتمر هيئة الأمم المتحدة عن البيئة البشرية الذي عقد فى ستوكهولم (السويد) سنة ١٩٧٢ ومنذ هـــذا الوقت أصبح من القضايا البيئية الدولية الهامة وقد أثارت السويد المشكلة فى هذا المؤتمر بإهتمام وخاصة من جانب الأمطار المسببة للتلوث الجوى وقد أجريـــت بعض الدراسات فى السنوات الأخيرة بفضل برنامج التعاون لمراقبة وتقويم النقل بعيد المدى للملوثات الجوية فى أوروبا :

Comparative Program for Monitoring and Evaluation (EMEP) of long Range Transmission of Air Pollutants in Europe.

وبموجـــب الإتفاقية الخاصة بالتلوث الجوى بعيد المدى عبر الحدود سنة ١٩٧٩ وكذلـــك نتيجة للأنشطة التى نفذت بمقتضى مذكرة التفاهم التى وقعت بيـــن الحكومـــة الكـــندية وحكومة الولايـــات المتحدة الأمريكية بشأن التلوث الجـــوى عبر الحدود وقد عقد فى ســـتوكهولم سنة ١٩٨٢ مؤتمر خاص عن تحمـــض البيـــئة لتقويم المعلومات العلمية التى لم تكن متوفرة من قبل. وتقدر مساحة الأراضي التى أصابها التحميض فى أوروبا وأمريكا الشمالية بنحو ٥-١٠ ملاييـــن كم٢ وقد يكون التحمض أصاب مساحات أخرى بمناطق أخرى دون أن نعـــرف وقـــد أزداد تســـاقط المطر الحامضيى كثيراً لتزايد تصاعد الكبريت والنيتروجين إلى الهـــواء ولا نعلم على وجه الدقة ما تســـهم به هذه

العمليات على نطاق الكرة الأرضية وتتراوح تقديرات هذه المركبات بين ٧٨ و ٢٧٤ مليون طن سنويا من الكبريت على هيئة أوكسيد الكبريت وبين ٢٠ و ٩٠ مليون طن سنويا من النيتروجين على هيئة أكاسيد نيتروجين وتطلق أنشطة الإنسان نحو ٧٥ و ١٠٠ مليون طن من الكبريت سنويا .

ويسهم إحتراق الفحم بنحو ٦٠% من الغازات التى تطلقها مصادر النشاط البشرى بينما يسهم إحتراق المنتجات النفطية بنحو ٣٠% وتأتى العشرة فى المائة البافية من عمليات صناعية متنوعة وبتحسين وسائل مكافحة التلوث ونقص مقادير الوقود الأحفورى لم تزد مقادير ثانى أكسيد الكبريت خلال السنوات الأخيرة وكذا التلوث من أكاسيد النيتروجين فهو يعادل تقريبا نظيره الناتج من المصادر الطبيعية إذ ينتج نحو ٢٠ مليون طن من النيتروجين سنوياً.

وقد يحدث ترسيب أكاسيد الكبريت والنيتروجين دون مطر (الترسيب الجاف) وهو الشكل الرئيسي للتلوث فى المناطق القريبة من مصادره فكلما طالت المدة التى تمكث فيها الغازات بالهواء كلما أزداد إحتمال حدوث تغيرات معقدة وتحولها إلى أمطار (حامضية الترسيب الرطبة) وقد تسقط على بعد آلاف الكيلومترات من مصدرها . والبحيرات والأنهار هي أول ضحايا المطر الحامضى وقد أصبحت مئات البحيرات حامضية فى أجزاء من إسكاندنافيا وشمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية وجنوب شرق كندا وجنوب غرب سكوتلندا وقد تسهم التربة وصخورها فى زيادة أثر المطر الحامضى خصوصاً المكونة من الجرانيت والنايس والكوارتز التى لا تحتوى غير القليل من الجير ومع زيادة حموضة المياه تزداد مقادير الألومنيوم حتى إذا تعدى تركيزه ٠,٢ مجم/لتر يصبح قاتلاً للأسماك وقد سجلت حالات موت الأسماك على نطاق واسع فى بعض بحيرات السويد وعزى ذلك إلى التسمم بالألومنيوم

وليس إلى إرتفاع درجة الحموضة وحدها كما أن الألومنيوم يرسب الفوسفات فتعانى الأسماك من نقصه والتربة أكثر مقاومة للتحمض من البحيرات والأنهار، وتجرى دراسات مكثفة عن أثر التحمض على الغابات ولكنها لم تسفر عن نتائج حاسمة حتى الآن ويبدو أن المطر الحامضى يؤثر على ميكروبيولوجيا التربة وأحيائها الحيوانية ولكن له آثاره الكبيرة على النباتات (١).

☒ الماء السطحى والماء الجوفى

يوجد الماء على سطح الأرض فى الوديان والبحيرات أو فى مجارى السيول والأنهار كما يوجد أيضاً فى باطن الأرض أو جوفها وكما يطلق على الماء الموجود على سطح الأرض الماء السطحى "Surface Water" يطلق أيضاً على الماء الموجود بباطن الأرض أنه ماء جوفي "Underground Water" والطبقة غير المشبعة بالماء والتي تقع بين سطح الأرض وسطح الماء الجوفي ذات أهمية كبيرة للحياة النباتية لإحتوائها على قدر من الأوكسجين والماء فتهيىء الظروف لحياة النبات .

وقد يكون الماء الجوفي قريبا من سطح الأرض ويكون مصدره فى هذه الحالة ماء المطر الذي ينفذ من سطح الأرض إلى باطنها أو الماء الذي يتسرب من مجرى أحد الأنهار أو من مسطح مائي كإحدى البحيرات ويتجمع فى باطن الأرض (قرب السطح) .

ويعتبر الماء أرضياً طالما كان مصدره تحت سطح الأرض وقد يكون الماء الجوفى عميقاً فيصل عمقه أكثر من ألف متر عن سطح الأرض .

---

(١) ملخص من رسالة اليونسكو العدد ٢٨٤ يناير سنة ١٩٨٥ .

والمـــاء الجوفـــي غير المتجدد يتجمع فى موقعه فى جوف الأرض منذ أزمـــان بعيدة ويطلق عليه الباحثون (الماء الأحفورى Fossil Water) مثل الأحفورة التى تظل آلاف السنين فى موقعها حتى يكتشف الإنسان وجودها .

ولـ أنه من الناحية النظرية لا يوجد مصدر ماء جوفي مستقل تماما عن الـــدورة المائية الطبيعية أى أن الماء الأحفورى يتحرك بسرعة بالغة البطء قد لا تتجاوز بضعة أمتار فى العام مما يبرر أن يطلق عليه الإنسان ــ ذو العمر المحدود (صفة عدم التجدد) .

المـــــاء العـــذب

يـــبلغ حجم الماء العذب الذي يجرى بالأنهار سنوياً نحو خمسين ألف كم^{3} يخص النصف الشمالي من الكرة الأرضية القسم الأكبر منه .

ويلاحظ أن القسم من الكرة الأرضية الغنى بماء الأنهار لا يتمتع بدرجة حرارة كافية للنشاط الزراعي بينما القسم الذي به حرارة أكبر لا يحتوى ماءاً كافـــياً ويشـــمل هـــذا القسم نحو ٣٣% من أوروبا و ٦٠% من آسيا وجميع إستراليا وغرب أمريكا و٣٠% من أمريكا الجنوبية .

ويشـــكل سكان أوروبا نحو ٢٠% من سكان العالم وفيهـــا نحو ٧% فقط من موارد الماء العذب أما آسيا ففيها نحو ٦٠% من سكان العالم و٣١% من الماء العذب .

فـــنعمة المـــاء ليســـت مقسمة على البشر بالتساوى فعلى الرغم أن الماء العذب ضروري للحياة والصحة فإن نصف سكان العالم الثالث محرومون من الماء الصالح للشـــرب وثلاثة أرباعهم محرومون من المرافـــق الصحية وفى

obeikandl.com

نفـس الوقـت ينجم أكثر من ثلاثة أرباع الأمراض التى تصيب الإنسان من نقص ماء الشرب والإفتقار إلى تلك المرافق .

فـى دراسـات العقد الهيدرولوجى الدولى Int. Hydrology Decade أوضـح الباحثون الروس أن إحتياطي الماء العذب فى العالم وفى جملته ماء الأنهار والبحيرات والماء الجوفي وحقول الثلج والأنهار الجليدية يبلغ نحو ٣٥ مليون كم^{٣} أو نحو ٢,٥% من مجموع ماء الأرض ولكن الكمية المتاحة من هـذا المقدار بسهولة ويسر أقل كثيراً من ذلك إذ أن ٧٠% من هذا الإحتياطي مـتجمد فـى ثلـوج وجليد المنطقة القطبية الشمالية وقارة انتاركتكا بالقطب الجنوبـي وجرينلند ، ويقدر أن ما بباطن الأرض من الماء العذب نحو ١٠,٥ مليون كم^{٣} ويشكل هذا الإحتياطي أحد المصادر الرئيسية لكثير من البلاد.

فمشـكلة البشر ليست عدم كفاية الماء بالأرض إذ يبلغ جملة الماء بالكرة الأرضـية نحو ١,٣٨٦ بليون كم^{٣} أما الماء العذب فمحدود الكميـة إذ أن ٩٦% مـن جملـة المـاء بالكرة الأرضية يكون المحيطات والبحار أما الماء العـذب المـتاح للبشر من الماء السطحى بالأنهار وهو المصدر الرئيسى فلا يزيد عن ٤٥-٥٠ ألف كم^{٣} وحتى هذا القدر من الماء لا يمكن إستغلاله جميعه فالماء العذب القابل للإستخدام سنوياً ١٢٥٠٠ كم^{٣} .

☒ إستهلاك الماء العذب

كان متوسط إسـتهلاك الفرد من الماء العذب فى بداية القرن العشـرين (١٩٠٠سـنه) نحو ٢٤٠م^{٣}/ سنة وقد زاد نحو ٣ مرات لإزدياد سكان المدن زيـادة كبيرة ويتوقـع كيرزون وسوكولوف سـنة ١٩٧٨ (Kerzon & Sokolov) أن يصل هذا الإستهلاك إلى ١١٣٠ م^{٣}/ سنة فى عام ٢٠١٥ وقد

تضـــاعف عدد سكان العالم منذ سنة ١٩٠٠ ولكن إجمالي الإستهلاك السنوي من الماء قد زاد سبع مرات من ٤٠٠كم^{٣} إلى ٢٨٠٠ كم^{٣}/سنة فى بداية القرن العشرين ثم إلـــى ٦٣٠٠ كم^{٣}/سنة فى عام١٩٧٥ كما زاد استهلاك الزراعة ســـت مرات من ٣٥٠ كم^{٣} إلى ٢١٠٠ كم^{٣} سنوياً ويتوقعان أن يصل إستهلاك المـــاء الحضـــري إلى ٦٣٠ كم^{٣}/سنة وجملة ما يستهلك العالم ٨٥٠ كم^{٣}/سنة وينتهـــيان إلـــى أن موارد الماء سنة ٢٠١٥ سوف تكون على وشك النفاذ فى الأقاليم المسكونة بالكرة الأرضية ويقترحان لعلاج هذا الموقف أن يعاد النظر فـــى إستخدام الماء بالمناطق قليلة السكان التى يتوفر فيها قدر كبير من الماء العـــذب فـــى هـــذه المناطق إذ أن ٥٠% من موارد الماء العذب لم تدخل فى تقديـــراتهما ســـنة ٢٠١٥ ويذكران أنه رغم الصعوبات الهندسية المعقدة التى تواجـــه عـــادة تدفـ ق مياه الأنهار إلى المناطق المفتقرة إلى الماء يوجد الآن مشـــروعات من هذا النوع تشغل الأذهان وتوضع لها الخطط والدراسات ومن ذلـــك مشـــروع يوفـــر نحو ١٩٦ كم^{٣} من الماء من أنهار يوكون Youkon وفريزر Frazer فى كندا والولايات المتحـــدة الأمريكـــية وتدفـــق نهـــري الأمـــازون وبيت بأمريكا الجنوبية وتحويل جزء كبير من ماء نهر الكونجو – زائـــير – إلـــى بحـــيرة تشـــاد لري الأجزاء المجاورة من الصحراء الكبرى وتحويـــل مجـــرى جـــزء مـــن نهر أوب Obb والأنهار الشمالية فى روسيا الأوروبـــية إلـــى الجنوب لري أقاليم شرقي نهر الفولجا القاحلة وأواسط آسيا وقازاقستان وتجرى دراسات مماثلة فى إستراليا وباكستان.

وينـــتج الماء العذب من سقوط الأمطار فى صورها المختلفة وقد تحتوى هـــذه الأمطـــار كميات متفاوتة من المواد العضوية مما يعلق بالغلاف الجوى أثـــناء ســـقوطها من السحب إلى الأرض كما أن جزيئات الغبار الجوى تعمل كنويات يتكاثف عليها بخار الماء .

ومـــياه الأمطار ذات حموضة ضعيفة نظراً لإحتوائها على نسبة صغيرة مـــن ثانـــي أكســـيد الكربون ما لم تكن فى منطقة صناعية تكثر فيها الغازات المتصـــاعدة من المصانع فتزداد أحماض الكبريتيك والنتريك بالأمطار ويسقط ما يسمى بالمطر الحامضى Acid rain .

الرى باستخدام متدفقات الماء (سابق الاستخدام)

أستخدمت المياه المتخلفة من الصرف الصحي Waste Water فى الري الزراعـــي وري المســـطحات الأرضية فى كثير من مناطق العالم ولعديد من القـــرون الســـابقة وفى الوقت الحاضر فالتخطيط لإستخدام الماء المخلوط بعد إستصـــلاحه Water reclamation قد تطور بسرعة لمواجهة الحاجة لمياه الري والعديد من الإستخدامات الأخرى وللمحافظة على البيئة من التلوث وفى الـــدول النامـــية وخاصة تلك التى تتواجد فى المناطق الجافة وشبة الجافة من العـــالم حيث تكون الحاجة إلى موارد مائية فإنه يلزم فى نفس الوقت تخفيض التكالـــيف وتبســـيط الطـــرق التكنولوجية وحماية مصادر الماء الموجودة من التلوث ومع الزيادة فى حاجة البشر إلى الماء فإن إستصلاح المياه المتخلفة من الصـــرف الصـــحى وإعادة استخدامها أصبح مصدراً هاماً لمقابلة بعض هذه الاحتـــياجات ويرتـــبط ذلـــك بمقدار الماء العذب المتاح فى المنطقة حيث أنه المصدر الأصلى لذلك .

ويقصد بعملية إستصلاح الماء المتخلف العمليات التى تتم على هذا الماء حتى يصبح قابلاً للإستخدام مرة ثانية فى مختلف الأغراض .

الحاجة إلى معاملة ماء الصرف الصحي قبل إعادة استخدامه:

على الرغم من أن الري بماء الصرف الصحي يعتبر فى حد ذاته صورة من صور معاملة هذا الماء إلا أنه يجب إجـــراء معاملة بدرجة ما في الزراعة

وري المسطحات الأرضية ودرجة المعاملة قبل الإستخدام وهو عامل هام فى تخطيط وتقويم وإدارة نظم الري حسب نوع المـــاء .

وتجرى معاملة الماء قبل إستخدامه لأسباب عدة من أهمها :

١- حماية الصحة العامة .

٢- منع أو تقليل ظروف الإزعاج أو الأذى أثناء تخزين وإضافة هذا المـــاء.

٣- منع تدهور الحاصلات والأراضي .

وفـــى حالة وجود أملاح ذائبة فى ماء الصرف يمكن تقويم الضرر الناتج عن هذه الأملاح ففى دراسة سابولسن إتضح أن تأثير كل من :

ص٢ كـــب أ١ : ص يد ك أ٣ : ص كل : ص٢ ك أ٣ تعادل ١ : ٣ : ٣ : ١٠

فتركيز معين من كربونات الصوديوم (ص٢ ك أ٣) يسبب ضررا يعادل عشر مرات الضرر الناتج من كبريتات الصوديوم (ص٢ كب أ١) .

وفـــي دراسة لنا (بلبع وسليمان) بإستخدام نبات حشيشة السودان فى بيئة من الرمل النقي إتضح أن تأثير أملاح ص كل : ص٢ كب أ١ : كاكل٢ تعادل ١: ١,٥٩ : ٢,٨٦ وذلك من ناحية أثر هذه الأملاح على أوزان النبات نتيجة وجـــود كل ملح منها على حدة ومن الواضح أن تأثير كبريتات الصوديوم أقل من تأثير كلوريد الكالسيوم .

ويذكـــر برنشتاين أن الزيادة فى كلوريد الكالسيوم (كا كل٢) فى بيئة نمو الفاصوليا تزيد محتوى النبات من الكالسيوم وتخفض محتوياته من البوتاسيوم وفـــى حالة زيادة كلوريد البوتاسيوم فى بيئة النمو تزداد محتويات النبات من البوتاســـيوم ويقـــل محتواها من الماغنسيوم والكالسيوم وأن نمو الذرة يكون أفضـــل عـــندما يساهم كلوريد الكالسيوم فى البيئة الملحية للنمو عما إذا كانت أملاح كلوريد الماغنسيوم أو كلوريد البوتاسيوم أو كلوريد الصوديوم أي نسبة

بينها هي الأملاح السائدة وذلك فى محاليل ذات ضغوط إسموزية متساوية وهو يري أن الصوديوم والكلورايد سامان لكثير من أشجار الفاكهة وشجيرات الزينة وينجح تحليل أوراق النبات فى التعرف على زيادة الكلوريد والصوديوم.

وقد سبق أن إقترح دونين ١٩٥٩ ما يعرف بجهد ملوحة ماء الري Potential Salinity .

ودرجة المعاملة المطلوبة للمياه المتخلفة والمستخدمة للزراعة وري المسطحات الأرضية يعتمد على خواص الأرض والمحصول النامي ونوع ونظام التوزيع والإضافة ودرجة تعرض العاملين والعامة لهذه المياه .

وقد تقدم كل من إيرس وسكولت Ayers & Scolt بتقسيم كفاءة ماء الرى والتى يمكن بها قياس الإستخدام لمثل هذه المياه وخاصة بالولايات المتحدة الأمريكية .

ويمكن الإشارة إلى بعض التطبيقات العلمية فى إستخدام المياه المتخلفة ففي منطقة مونترى بكاليفورنيا (حيث ندرة المياه) ثم التوسع فى إستخدام المياه المخلفة المعاملة Treated Waste Waters وأجريت بعض التجارب نذكر منها النتائج التالية :

☒ نتائج دراسات الصحة العامة : (دراسة كاليفورنيا)

١- حيوية الفيروسات

من نتائج وجود الفيروسات ظهر وجود الفيروسات فى ٥٣ عينة من ٦٧ عينه من العينات الأصلية المأخوذة من منطقة التجارب قبل معاملتها وأوضحت النتائج أنه بشكل عام وفى خلال خمس سنوات من التجارب فى هذه المنطقة لم يكتشف وجود الفيروسات فى المتدفقات المائية المكلورة

Chlorinated tertiary effluent كمـــا أنه لم يكتشف وجود الفيروسات فى عيـــنات المحصـــول المأخوذة ووجود نفس الشيء فى الأرض المروية بالماء المستصـلح . وبالرغم من ذلك كله فقد كان من الضروري أجراء تقدير لقدرة حيوية الفيروسات تحت ظروف المعمل والحقل ففي المعمل كان الزمن اللازم لإنهـــاء ٩٩% من حياة الفيروسات (T99) يتراوح بين ٧,٨ يوم فى زراعات الكرنب بروكلى وإلى ١٥,١ يوم فى زراعات الخس وأما فى الحقل فكانت قيم (T99) هـــى ٥,٤ يوم فى الخرشوف، ٥,٩ يوم للخس الرومانى ٧,٨ للخس الدهبى كما درست حيوية الفيروسات تحت إختلاف الظروف البيئية فى المعمل والحقل ووجد أن قيم (T99) لتحطيم الفيروسات تحت ظروف المعمل ٥,٤ ، ٩,٧ ، ٢٠,٨ يوم تحت ظروف من الرطوبة النسبية ٦٠-٨٠% أما فى الحقل فـــإن قـــيم (T99) كانت ٥,٢، ٤,٨ يوم فى تجربتين متتاليتين أي أن معدل إزالـــة الفيروسات تحت ظروف المعمل والحقل متساوية تقريبا تحت رطوبة نســـبية حوالـــى ٦٠% وفـــى الحقل لم يتم إكتشاف الفيروسات فى أي منطقة أرضية بعد ١٢ إلى ١٤ يوم من التعرض .

٢- البكتريا والطفيليات

تحســـنت كفـــاءة مياه الري بعد خمس سنوات من الدراسة بسبب تحسين عمليات معاملة المياه وطرق تخزينها فقد أستخدمت ثلاث أنماط من المياه بينها مياه للآبار ووجدت فيها مستويات مرتفعة من ألـــ Coliform ولكن لم يتواجد Samanelle, Shigellae, Ascaria lumbricoides, Entamoeba histoylica أو أى من طفيليات أخرى فى مياه الرى .

مساهمة الهيئات الدولية والإقليمية للحفاظ على جودة الماء

" مشروع الأمم المتحدة للمراقبة العالمية للبيئة والمراقبة العالمية لنوعية الماء "

دعيت عام ١٩٧١ مجموعة عمل تمثل عدداً من الدول لتحديد أهداف المراقبة ووسائل تحقيقها وتعيين أولويات تنفيذها وفى سنة ١٩٧٤ عقد إجتماع يمثل الحكومات وأتفق على تحديد سبعة أهداف يخص الماء منها (برنامج GEMS للماء) :

- تقدير التلوث فى الماء والمشكلات البيئية المتصلة بإستخدام الأرض للزراعة.
- تقدير حالة التلوث فى المحيطات وأثره على الكائنات البحرية .

وتعمل أربع وكالات تابعة لهيئة الأمم المتحدة هي برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP ومنظمة الصحة العالمية WHO والمنظمة العالمية للأرصاد WMO ومنظمة العلوم والتربية والثقافة UNESCO فى تنسيق مشروع جمس GEMS للماء وتتلخص الأهداف الخاصة بالمشروع فيما يلي :

١- مراقبة تأثير الملوثات فى الماء وإتجاهاتها .
٢- توفير إنذار مبكر عن أي تدهور خطير .
٣- حث الحكومات على القيام - كل منها على حدة أو بصفتها الجماعية - بالعمل التصحيحى الذي يكفل حماية البيئة وإسترجاعها وتحسينها .

ويقوم برنامج "جمس Gems للماء" على ستة عناصر رئيسية :

١- إقامـــة شـــبكه عالمية من محطات المراقبة بالأماكن المناسبة فى الأنهار والبحيرات والطبقات حاملة الماء .

٢- إتخاذ أساليب موحدة لأخذ عينات من الماء وتحليلها .

٣- تطبيق برنامج مستمر للتأكد من صحة البيانات .

٤- تنظـيم بـــرامج تدريبـــية للعاملين فى جميع أوجه المراقبة العلمية لجودة الماء.

٥- إعداد كتيبات يستخدمها العاملون المشار إليهم .

٦- توفير المعدات فى عدد محدود من الحالات .

ويقصـــد بالمراقـــبة القـــياس الكمي الدوري لمعالم فيزيقية وكيميائية فى عينات من الماء أخذت من مواقع سبق إختيارها بالأنهار والبحيرات والطبقات حاملة الماء .

ودعا البرنامج الثلاثي (١٩٧٧ - ١٩٧٩) إلى إقامة ٣٠٠ محطة مراقبه فى عدد من الدول علي أن يوســـع نطاق هذا البرنامج فيما بعد إلى ما يتراوح بين ٨٠٠ - ١٢٠٠ محطة أو حوالي محطة واحدة لكل ٤-٥ ملايين نسمة .

ويحكم إختيار هذه المواقع الإعتبارات الآتية :

١- المـــوارد المائـــية الرئيسية التى تستخدم لإمداد المراكز السكانية الكبيرة لأغـــراض الشرب والرى وتربية الماشية ومصايد الأسماك والصناعات الغذائـــية والصـــناعات المرتـــبطة بالصحة وأعمال الترفيه القائمة على الإتصال الجسدي .

٢- الأنهار والبحيرات الدولية الرئيسية الواقعة على مقربة من نقاط الحدود .

٣- الأنهار الرئيسية التى تصب فى المحيطات أو البحار .

٤- الأنهـــار والبحيرات الرئيسية فى مناطق نائية فى الوقت الحاضر لإقامة مســتويات للخــط الرئيسي ومراقبة أي تغيرات على فترات طويلة نسبياً مرة كل سنة أو حتى كل عدة سنوات .

ويعمــل بــرنامج جمــس Gems للمــاء فى مستويات ثلاثة : القومي والإقليمي والعالمي فكل دولة مشتركة فى هذا البرنامج عليها أن تنشئ مركزاً قومــياً لإســداء المشــورة بشأن إختيار مواقع أخذ العينات ومحطات القياس والمعــالم التحليلية المراد مراقبتها والبيانات الخاصة بجودة المياه القومية إلى المركز القومي الذي ينسق البيانات الواردة من المراكز القومية ويقوم بمعالجة البيانات التى يتلقاها من المراكز القومية على إستمارات معدة باليد ويستخرج مــنها إســتمارة يمكــن تفسيرها عن طريق الكمبيوتر ببطاقة مثقبة أو شريط مغناطيسى للنقل إلى المركز العالمي .

ينسق المركز العالمي نظام خزن وإسترجاع البيانات وبرنامجاً للتأكد من البــيانات عــن صــفات الماء ويعد ويوزع الوثائق اللازمة بما فيها الكتيبات الخاصــة بالتدريب ويعالج ويخزن البيانات التى يتلقاها من المراكز الإقليمية ويصــدر تقاريــر ســنوية شاملة تتضمن البيانات من جميع محطات المراقبة ويبيــن النتائج التحليلية ، كما يصدر المركز العالمي بناء على الطلب تقارير دوريــة عــن معالم مختارة فى مناطق جغرافية مختارة وقد وافق مركز كندا للمــياه الداخلية فى برلنجتون بولاية أونتاريو وبصفة مبدئية على الإضطلاع بمسئوليات المركز العالمي .

إنجازات مشروع جمس GEMS للماء :

فــى نهاية عام ١٩٨٢ كانت ٣٢٣ من محطات مراقبة جودة الماء قائمة فى خمسين دولة تبعث بيانات عن جودة المــاء إلى مركز البيانات العالمي فى

كـــندا وهذا العدد من المحطات موزع على النحو الآتى: ٢٠٣ على الأنهار ، ٤٩ على البحيرات و ١٧ على الطبقات الحاملة للماء .

قسمت محطات المراقبة إلى مؤثرة وقاعدية والمحطة المؤثرة هي المقامة علـــى نهـــر أو بحيرة أو طبقه حاملة الماء ويجرى فيها تصريف المياه القذرة الصناعية أو الحضرية أو المياه المستخدمة لأغراض الزراعة .

والمحطة القاعدية هي الكائنة على حوض هيدرولوجي حيث لا توجد به تدفقـــات نحـــو المنـــبع من أصل بشرى تتكون من ملوثات ناشئة من أنشطة زراعية وصناعية وحضرية .

برامج التدريب

بـــنهاية عـــام ١٩٧١ كانت قد أعدت سبعة برامج إقليمية للتدريب (كان أحدها بالإسكندرية لإقليم شرق البحر الأبيض المتوسط) .

فـــى نوفمبر سنة ١٩٧٨ نظمت فى بودابست ــ هنجاريا ــ ندوة لتحليل المواد الرسوبية .

فـــى ديسمبر سنة ١٩٧٩ بدأ فى مكسيكو سيتى مشروع المراقبة التحليلية AQC ثم عقدت نفس الدورة فى ناجبور بالهند سنة ١٩٨٠ .

وينهى باراباس* حديثة عن مشروع جمس للماء بقوله :

" إن إستعداد نحو خمسين دولة تتفاوت خلفياتها الثقافية والسياسية والإجتماعية والإقتصـــادية للمشاركة فى برنامج معقد الحاجة إليه ملحة ويقبل مناهج للعمل متجانســـة أو مناســـبة إن هـــذا كلـــه إنجاز له شأنه وكان مجرد التغلب على الإختلافـــات فى اللغة يتطلب عزماً وتصـــميماً فكانت الدورات التدريبية تعقد

---

* وزارة الزراعة الكندية .

بلغات أربع هي الإنجليزية والفرنسية والأسبانية والصينية فى حين كان يتعين تـــرجمة جميع الكتب المتعلقة بالموضوع إلى اللغة المستخدمة فى الدورة ومع كل فالمغزى الحقيقي للتقدم الذي تم حتى الآن فى تنفيذ برنامج جمس Gems للمـــاء لا يتمثل فى التغلب على هذه الصعاب الفنية والتنظيمية وإنما يتمثل فى أنه أضفى طابعاً علمياً على نظام لمراقبة أمان الماء فى المدى الطويل وهو ما يـــتوقف عليه وجودنا نفسه ففي عالم يتأثر فيه فى الوقت الحاضر نحو ١٦٠٠ ملـــيون نسمة بمجموعة من الأمراض تنقلها المياه فإن أهمية هذا الجهد ينبغي ألا يفوتنا " .

obeikandl.com